Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 89-103

Effect of Nitrogen Fertilizer Sources on Growth, Yield and Ability to Withstand Competition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Different Red Root Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) Densities

A. Mehregannia[1], S.A. Kazemeini [2*]

Received: 25-08-2022
Revised: 22-09-2022
Accepted: 24-01-2023
Available Online: 24-01-2023

How to cite this article:
Mehregannia, A., & Kazemeini, S.A. (2023). Effect of nitrogen fertilizer sources on growth, yield and ability to withstand competition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in different red root pigweed (*Amaranthus retroflexus*) Densities. *Journal of Iranian Plant Protection Research* *37*(1): 89-103. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jpp.2023.78423.1102

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) is a highly nutritional seed crop from the Andean region with huge genetic variability, enabling its cultivation across a wide range of environmental conditions. The area and production under quinoa in the world in 2020 was 189000 ha with 175000 tonnes production. There is some evidence for allelopathic activity of quinoa and this potential could be probably used in terms of integrated weed management. Agronomic practices such as nitrogen fertilization influence weed emergence, growth and competition in a crop. Nevertheless, despite the numerous studies on new and promising crops globally, there is a clear lack of information on the combined effect of weed density and nitrogen fertilizer sources on quinoa crop. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of nitrogen fertilizer sources and red root pigweed densities on growth, yield and competitive ability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). This information could be helpful for the overall development of crop and weed management strategies in quinoa crop.

Materials and Methods

A field study was conducted during the 2021 growing season at the research farm of the School of Agriculture, Shiraz University, to assess the impact of nitrogen fertilizer sources on the growth, yield, and competitive ability of quinoa in the presence of red root pigweed at different densities. The experiment was set up in a split-plot design with nitrogen fertilizer sources (control, urea, sulfur-coated urea, and ammonium nitrate) assigned to the main plots, and red root pigweed densities (0, 5, 10, 15, 20, and 25 plants per square meter) assigned to the sub-plots. There were three replications of each treatment. For the quinoa traits and weed traits, a 2-meter square area was harvested from each plot. Quinoa traits included plant height, leaf area index, number of grains per plant, 1000 grain weight, grain yield, biological yield, and harvest index. The quinoa plants were dried in an oven at 75°C for 72 hours to determine seed yield. Weeds were also harvested from a 2 m2 area in each plot to measure plant height, shoot height, panicle length, and leaf area index. The collected data were analyzed using SAS v. 9.1 software (SAS Institute 2003). When significant differences were found among treatments, mean comparisons were performed using Duncan's multiple range tests at a significance level of $P < 0.05$.

Results and Discussion

The results of the experiment indicated that the use of sulfur coated urea had a positive effect on the competitive ability of quinoa. Weed density had a detrimental impact on various growth and yield parameters of quinoa, including plant height, leaf area index, number of grains per plant, 1000 grain weight, grain yield,

1 and 2- M.Sc. Student and Professor in Department of Plant Production and Genetics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2023.78423.1102

biological yield, and harvest index. However, the application of sulfur coated urea mitigated the negative effects of weed density. Specifically, when the highest weed density of 25 plants per square meter was present, the application of sulfur coated urea led to a 1.1-fold increase in plant height, a 2.5-fold increase in leaf area index, a 2.5-fold increase in the number of grains per plant, a 1.1-fold increase in 1000 grain weight, a 2.8-fold increase in grain yield, and a 1.8-fold increase in biological yield compared to the control. At different red root pigweed densities (0, 5, 10, 15, 20, and 25 plants per square meter), the application of sulfur coated urea resulted in significant improvements in quinoa performance. It increased the number of grains per plant by 86.5%, 118%, 139.4%, 168.8%, 149.6%, and 153.4% compared to the control at respective weed densities. Additionally, 1000 grain weight increased by 7.9% to 9.9%, and the ability of quinoa to withstand competition increased by 19.6% to 55%. The findings of this study are consistent with previous research that has demonstrated the positive effects of organic nutrients on reducing weed competition in agricultural systems. It has also been observed that weeds tend to produce more biomass in the presence of fertilizer compared to the control. Therefore, it can be concluded that the improved grain yield of quinoa resulting from the application of sulfur coated urea was primarily attributed to its ability to enhance the plant's competitive ability against weeds.

Conclusion

The application of sulfur coated urea led to a higher quinoa yield compared to using control. However, weed competition was greater with urea fertilization in comparison with sulfur coated urea fertilizer. In addition, most weeds are highly responsive to soil N, so the application of all fertilizer types should be carefully considered to reduce the competitive advantage of weeds over crops.

Acknowledgements

We would like to thank the School of Agriculture, Shiraz University for their support, cooperation, and assistance throughout this research.

Keywords: Ability to withstand competition, Leaf area index, Plant height, Sulfur coated urea

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۰۳-۸۹

اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)

اعظم مهرگان نیا[۱]- سید عبدالرضا کاظمینی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس، آزمایشی مزرعه‌ای بصورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورها شامل منابع کودی نیتروژن (شاهد، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم) به‌عنوان فاکتور اصلی و تراکم‌های علف هرز تاج‌خروس (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد افزایش تراکم علف هرز تاج‌خروس باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کینوا شد. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی حتی در بالاترین تراکم علف هرز تاج‌خروس (۲۵ بوته در متر مربع) نسبت به سایر منابع کودی با افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا منجر به بهبود ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۱/۱، ۲/۵، ۲/۵، ۱/۱، ۲/۸ و ۱/۸ برابر در مقایسه با تیمار بدون کود شد. شاخص توانایی تحمل رقابتی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در متر مربع) با کاربرد منابع کودی اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم به ترتیب به میزان ۶/۵، ۳۷/۸ و ۲۲/۴ درصد در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که به نظر می‌رسد کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی می‌تواند به دلیل رهاسازی آهسته و طولانی‌مدت نیتروژن و تاثیر بر رشد رویشی گیاه و اندازه و طول عمر برگ و نهایتا توسعه سطح سبزینه‌ای و سایه‌انداز گیاهی نیز نقش مهمی در افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه کینوا داشت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، اوره با پوشش گوگردی، توانایی تحمل رقابتی، شاخص سطح برگ

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chinopodium quinoa* Willd)، گیاهی شبه غله، یکساله، از خانواده تاج‌خروس (Amaranthaceae)، جنس سلمه‌تره (*Chenopodium*)، سه کربنه (Walters *et al.*, 2016) دولپه‌ای، آلوتتراپلوئید (2n = 4x = 36) و خودگرده‌افشان است اما دگرگرده‌افشانی در آن به میزان ۱۵-۱۰ درصد نیز وجود دارد (Hosseini *et al.*, 2020). سطح زیر کشت جهانی کینوا حدوداً ۱۸۵ هزار هکتار و متوسط عملکرد جهانی آن نیز تقریباً ۸۷۵ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2019). در ایران در سال ۱۳۹۸ سطح زیر کشت کینوا ۱۹۸ هکتار بوده ولی امید است در سال‌های آینده سطح زیر کشت به ۳ هزار هکتار برسد (Bagheri *et al.*, 2020). ارزش پروتئین دانه‌های کینوا غنی از اسیدهای آمینه ضروری انسان (Ashraf *et al.*, 2017) و فاقد گلوتن و به خاویار گیاهی معروف است و جایگزین مناسبی برای غلاتی مانند گندم، چاودار و جو که همگی

---

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، فارس، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: akazemeini@shirazu.ac.ir
DOI: 10.22067/jpp.2023.78423.1102

دارای گلوتن هستند به حساب می‌آید (Stikic *et al*., 2012) ارزش غذایی و همچنین سازگاری بالای کینوا با طیف بسیار وسیعی از شرایط زراعی و اکولوژیکی، منجر به توسعه و کشت آن در جهان شده است (Stikic *et al*., 2012).

نیتروژن یکی از پرمصرف‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه است، که در سطح جهانی محدودکننده‌ترین عنصرغذایی در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. استفاده کارآمد از نیتروژن در کشاورزی می‌تواند باعث افزایش عملکرد، کاهش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی گردد (Karami *et al*., 2020). کینوا عکس‌العمل بسیار خوبی به مصرف نیتروژن نشان می‌دهد و در بالاترین سطح استفاده از نیتروژن (۳۲۰ کیلوگرم در هکتار) میزان سرعت رشد و عملکرد دانه و عملکرد زیستی و تجمع ماده خشک و همچنین افزایش روند سوخت و ساز کینوا به دست آمد (Saeidi *et al*., 2020). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با کود اوره عملکرد دانه برنج را افزایش داد (Sing Shinari *et al*., 2015). محققین گزارش کردند که عملکرد علوفه تازه و خشک سودانگراس با کاربرد کود سولفات آمونیوم در مقایسه با نیترات آمونیوم از نظر میزان فسفر، پتاسیم و پروتئین خام از کیفیت بیشتری برخوردار بود و افزایش معنی‌داری داشت (Abo Zied 2017 *et al*.,). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی منجر به افزایش وزن هزاردانه و عملکرد ارقام برنج شد (Saiful Islam *et al*., 2009). در پژوهشی با بررسی اثرات منابع مختلف نیتروژن شامل کود سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و اوره بر عملکرد دو رقم آفتابگردان (سیرنا و تکنوسول) مشخص شد که استفاده از کود اوره باعث افزایش قطر طبق و وزن هزاردانه شد (Ozturk *et al*., 2017). کینوا دارای ظرفیت بالایی در جذب نیترات خاک دارد و باعث کاهش آلودگی آب های زیرزمینی، افزایش حاصلخیزی خاک و نیز کاهش فرسایش آن می‌شود (Kakabouki *et al*., 2018).

علف‌های هرز یکی از عوامل محدودکننده رشد و توسعه کشت کینوا است و در رقابت بر جذب منابع آب، موادغذایی و نور بطور مستقیم بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند. با افزایش تراکم و زمان تداخل علف‌هرز با کینوا، عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. شدت و مدت تداخل و ظهور علف‌های هرز عواملی هستند که میزان تلفات عملکرد گیاه زراعی را تعیین می‌کنند. علف‌های هرز مهم کینوا شامل سلمه‌تره (*Chenopodium allbum*) و تاج‌خروس (*Amaranthus retrolexus*) می‌باشند و کنترل آنها به دلیل هم خانواده بودن با کینوا در مزرعه مشکل است (Buckland *et al*., 2018). تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus*) سومین علف‌هرز غالب دولپه‌ای در سطح جهان (Asadi *et al*., 2017) به شمار می‌رود و به دلیل تولید بذر زیاد و پایداری آن، سالانه موجب کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه زراعی می‌شود، به طوری که سبز شدن همزمان این علف هرز با گیاه زراعی بیش از ۳۰ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشته است (Yadavi *et al*., 2007). این علف هرز به دلیل دارا بودن طبیعت رشد نامحدود و مسیر فتوسنتزی چهارکربنه، در دمای بالا و نور شدید بویژه در مزارع گیاهان زراعی تابستانه و گرمادوست نظیر ذرت، قدرت رقابتی بیشتری از خود نشان می‌دهد (Jafarzadeh *et al*., 2016; Dieleman *et al*., 1995). مصرف بیشتر کود نیتروژن باعث افزایش تراکم و افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی یعنی افزایش زیست توده و افزایش سطح برگ کینوا خواهد شد که خود منجر به افزایش رقابت با علف‌های هرز نیز می‌شود و نیز عامل مهمی در موفقیت مدیریت و کنترل علف‌هرز می‌باشد (Karami *et al*., 2020). تاکنون پژوهشی در خصوص اثر کودهای مختلف نیتروژنه بر رقابت کینوا با علف های هرز صورت نگرفته است لذا با توجه به اهمیت این گیاه به لحاظ سازگاری با شرایط مختلف محیطی و اینکه در ایران گیاهی جدید به شمار می‌آید، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر منابع کودی نیتروژن‌دار بر رشد و عملکرد کینوا در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد و عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا با علف‌هرز تاج خروس، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع ۱۷۸۸ متر از سطح دریا) در تابستان سال ۱۴۰۰ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تیمار کودی نیتروژن بدون کود (شاهد)، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم) بر اساس ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به عنوان فاکتور اصلی و شش تراکم علف‌هرز تاج‌خروس (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰و ۲۵ بوته در مترمربع) به عنوان فاکتور فرعی بود. پیش از کشت گیاه در زمین، برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متری
Table 1- Physico-chemical properties of the soil in 0-30 cm depth

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نیتروژن کل Total N (%)	ماده آلی O.M. (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)
0.73	16.32	57.62	20.32	0.09	1.08	12

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم توسط گاوآهن برگرداندار و دو بار دیسک عمود بر هم و ایجاد کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۱/۸× ۳ متر بود که با خط زن دستی خطوط موازی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد و بذور کینوا رقم تی‌تی‌کاکا (زودرس، طول دوره رشد ۱۰۸ روز از کاشت) در ۱۵مرداد ماه و در عمق ۱ سانتی‌متری و فاصله بوته روی ردیف یک سانتی‌متر کشت شد. گیاهان در مرحله ۴ برگی جهت رسیدن به تراکم ۵۰ بوته تنک شدند (Samadzadeh *et al*., 2020). یک سوم از مقادیر هر منبع کودی در زمان کاشت با توجه به درصدهای متفاوت نیتروژن، کود اوره (۴۶٪ نیتروژن)، اوره با پوشش گوگردی (۳۲٪ نیتروژن، ۳۰٪ – ۲۰٪ گوگرد) و نیترات آمونیوم (۳۰٪ نیتروژن کل، ۱۲/۲٪ نیتروژن به شکل نیترات، ۱۸/۶٪ نیتروژن به شکل آمونیوم)، به کرت‌ها بصورت دست‌پاش داده شد و با خاک مخلوط گردید و باقیمانده در مرحله ۶-۵ برگی رشد گیاه کینوا به صورت سرک در کرت‌ها پخش شد. آبیاری مزرعه با استفاده از روش تیپ بر اساس عرف منطقه هر ۱۰-۷ روز یک‌بار انجام شد. جهت اطمینان از حصول تراکم‌های تاج خروس زمین آلوده به علف هرز تاج خروس انتخاب و بطور روزانه از کرت‌ها بازدید و ضمن وجین سایر علف‌های هرز (باریک‌برگ‌ها و سایر پهن‌برگ‌ها) نیز تراکم‌های مورد نظر اعمال شد.

در انتهای فصل رشد صفات علف هرز شامل ارتفاع بوته، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf Area Metter مدل Delta-T Device)، تعداد دانه در بوته و زیست توده تاج‌خروس اندازه‌گیری شد. شاخص توانایی تحمل رقابت[1](AWC) با استفاده از معادله زیر تعیین گردید. هر چه مقدار این شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل رقابت با علف‌های هرز است.

AWC = Vi/Vp × ۱۰۰ (Watson *et al*., 2002)

AWC شاخص توانایی تحمل رقابت

Vi عملکرد گیاه زراعی در شرایط با علف‌هرز

Vp عملکرد گیاه زراعی در شرایط بدون علف‌هرز می‌باشد.

پارامترهای اندازه‌گیری شده در کینوا در انتهای فصل رشد شامل ارتفاع بوته، سطح برگ و محاسبه شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه کینوا، تعداد دانه در بوته و نیز با رعایت اثر حاشیه، برداشت دو متر مربع از وسط هر کرت صورت گرفت و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار گرفت و عملکرد بیولوژیک و دانه توزین شد. شاخص برداشت با استفاده از معادله (Chowdhry *et al*., 1999) بررسی شد:

HI= GY/ BY × ۱۰۰

HI شاخص برداشت بر حسب درصد، GY عملکرد اقتصادی بر حسب گرم و BY عملکرد بیولوژیک بر حسب گرم می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه و نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی تاج‌خروس

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس و همچنین بر همکنش آن‌ها بر پارامترهای رشدی تاج‌خروس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر سطح از نوع کود مصرفی با افزایش تراکم علف هرز ارتفاع بوته تاج خروس کاهش یافت و بیشترین ارتفاع بوته (۷۳/۱۰ سانتی‌متر) در تیمار برهمکنش کود اوره با پوشش گوگردی و تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که نسبت به سطح بدون کود به میزان ۷۲ درصد افزایش یافت. کاربرد کود نیترات آمونیوم در تمام سطوح تراکم علف هرز در مقایسه با سایر کودها، کمترین تاثیر بر افزایش ارتفاع بوته علف هرز را نشان داد. کاربرد کودهای اوره و اوره با پوشش گوگردی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) باعث افزایش ۲۰/۲ و ۵۷/۲ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار بدون کود شد (جدول ۳).

نتایج نشان داد با افزایش تراکم علف هرز، شاخص سطح برگ تاج خروس افزایش یافت و کاربرد منابع کودی نیتروژن مختلف با افزایش این شاخص در تاج‌خروس نسبت به بدون کود همراه بود. کمترین میزان شاخص سطح برگ (۰/۰۲۱) در تیمار بدون کود و تراکم ۵ بوته در مترمربع بدست آمد. در تیمار بدون کود، از تراکم ۵ به ۲۵ بوته در متر مربع تاج‌خروس، میزان شاخص سطح برگ تا ۵/۷ برابر (۰/۰۲۱در برابر۰/۱۴۱) افزایش یافت و در سایر سطوح دیگر کود این افزایش بطور متوسط تا ۵ برابر بود. درپایین ترین تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با کودهای اوره و نیترات آمونیوم تفاوت معنی‌داری نشان نداد و در مقایسه با سطح بدون کود بطور متوسط به میزان ۶۶ درصد شاخص

1- Ability to Withstand Competition

سطح برگ افزایش یافت لکن در سایر سطوح تراکم علف هرز، تیمارکاربرد نیترات آمونیوم نسبت به کود اوره و کود اوره با پوشش گوگردی بطور معنی‌داری از شاخص سطح برگ کمتری برخوردار بود (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که تاج‌خروس از طریق افزایش سطح برگ توانایی رقابت خود را با گیاه زراعی افزایش داده است و تاثیر کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی بیشتر بوده است که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (Yaghoubi *et al*., 2011; Massinga *et al*., 2001). پژوهشگران بیان کردند که افزایش تراکم تاج‌خروس از ۰/۵ به هشت بوته در متر مربع منجر به کاهش شاخص سطح برگ ذرت و افزایش شاخص سطح برگ تاج خروس شد (Massinga *et al*., 2001).

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای رشدی تاج‌خروس

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for growth parameters of red root pigweed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares: ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	زیست توده Biomass (g m^{-2})
تکرار Replication	2	12.848	0.000016	702.7	48.97
منبع کودی Fertilizer source	3	1872.96**	0.0046**	1590095.08**	14745.58**
خطا a Error a	6	16.405	0.0000089	642.21	20.81
تراکم تاج‌خروس Red root pigweed density	4	345.74**	0.0460**	66234.41**	15719.35**
منبع کودی × تراکم تاج‌خروس Red root pigweed density× Fertilizer source	12	34.59**	0.00028**	3437.35**	524.86**
خطا b Error b	32	3.55	0.000005	1078.3	10.27
ضریب تغییرات CV (%)		14.05	12.10	12.81	13.48

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر منابع کودی و تراکم علف هرز بر پارامترهای رشدی تاج‌خروس

Table 3- Mean comparison the effects of fertilizer sources and weed density on growth parameters of red root pigweed

منابع کودی Fertilizer sources	تراکم علف هرز Weed density (plant m^{-2})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	زیست توده Biomass (g m^{-2})
شاهد Control	5	42.50 $^{e-g}$	0.021 ^{n}	767.3^{j}	26.93^{l}
	10	41.20 $^{f-h}$	0.048 ^{l}	705.6^{j}	48.33^{k}
	15	36.73 ^{ij}	0.079 ^{i}	684.9^{kl}	65.50^{i}
	20	35.80 ^{j}	0.109 ^{gh}	666.7^{kl}	77.86^{h}
	25	34.10 ^{j}	0.141 ^{e}	632.0^{l}	87.00^{g}
اوره Urea	5	52.80 ^{d}	0.034 ^{m}	1366.2^{c-e}	47.56^{k}
	10	53.93 ^{d}	0.072 ^{j}	1339.6^{c-f}	90.53^{g}
	15	53.10 ^{d}	0.112 ^{fg}	1315.9^{ef}	120.30^{e}
	20	44.20 ^{ef}	0.156 ^{c}	1239.8^{gh}	140.53^{d}
	25	41.00 ^{gh}	0.207 ^{a}	1215.0^{h}	147.00^{c}
اوره با پوشش گوگردی Sulfur coated urea	5	73.10 ^{a}	0.035 ^{m}	1560.1^{a}	52.66^{jk}
	10	67.80 ^{b}	0.073 ^{j}	1485.0^{b}	97.93^{f}
	15	58.60 ^{c}	0.113 ^{f}	1386.9^{c}	138.70^{d}
	20	53.50 ^{d}	0.153 ^{cd}	1371.5^{cd}	161.00^{b}
	25	53.60 ^{d}	0.207 ^{a}	1327.6^{d-f}	184.33^{a}
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	5	44.40 ^{e}	0.033 ^{m}	1345.2^{c-e}	31.36^{l}
	10	40.73 ^{gh}	0.068 ^{k}	1320.7^{d-f}	55.46^{j}
	15	38.60 ^{hi}	0.107 ^{h}	1287.4^{fg}	74.20^{h}
	20	34.66 ^{j}	0.149 ^{d}	1235.4^{gh}	88.13^{g}
	25	30.06 ^{k}	0.195 ^{b}	1095.4^{i}	102.16^{f}

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین مشخص شد که با افزایش تراکم علف هرز، تعداد دانه در بوته تاج‌خروس کاهش یافت به صورتی که با تغییر تراکم بوته تاج خروس از ۵ به ۲۵ بوته، در سطوح بدون کود ۱۷/۶ درصد، اوره با ۱۱ درصد،اوره با پوشش گوگردی۱۴/۹ درصد و نیترات آمونیوم۱۸/۵ درصد تعداد دانه در بوته کاهش یافت. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، به ترتیب باعث افزایش ۲/۰۳، ۲/۱۰، ۲/۰۲، ۲/۰۵ و ۲/۱۰ برابری تعداد بذر در بوته تاج‌خروس در مقایسه با تیمار بدون کود شد کاربرد کود نیز در مقایسه با بدون کود همواره با اثر مثبت بر تولید تعداد بذر در بوته تاج‌خروس همراه بود. (جدول ۳). بطور کلی کمترین تاثیر بر تعداد دانه در بوته تاج خروس نسبت به بدون کود، مربوط به کاربرد کود نیترات آمونیوم با افزایش ۱/۸۱ برابری بود و سپس کود اوره به میزان ۱/۸۷ برابر و بیشترین آن متعلق به کوداوره با پوشش گوگردی با افزایش ۲ برابری تعداد دانه در بوته تاج خروس بود.

با توجه به جدول مقایسه میانگین، در تیمار بدون کود با افزایش تراکم علف هرز از ۵ به ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، زیست توده تاج خروس در واحد سطح به ترتیب به میزان ۱/۸، ۲/۴، ۲/۹ و ۳/۲ برابر افزایش یافت. کمترین زیست توده (۲۶/۹۳ گرم در متر مربع) در تیمار بدون کود و کمترین تراکم تاج خروس (۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد کود نیترات آمونیوم در همان تراکم نداشت. بیشترین زیست توده (۱۸۴/۳۳ گرم در متر مربع) نیز در تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بدست آمد که با سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). بطور کلی کاربرد کود اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم نسبت به بدون کود زیست توده تاج خروس را به ترتیب به میزان ۲/۱،۱/۷۸ و۱/۱۵ برابر افزایش داد. کودها نه تنها رشد گیاه زراعی بلکه رشد علف‌های هرز را نیز تحت تاثیر قرار می-دهند و میزان و نوع کود مصرفی می‌تواند نقش مهمی در افزایش زیست توده علف هرز داشته باشد. با افزایش منابع کودی نیتروژن، گیاهچه‌های بیشتری سبز شده و وزن خشک بیشتری نیز به خود اختصاص خواهند داد (Fateh *et al.*, 2006; Barker *et al.*, 2022). در مطالعه‌ای توسط کاظمینی و همکاران بر روی تاثیر تراکم-های علف هرز یولاف وحشی و نیتروژن بر روی عملکرد کلزا بیان شد که یولاف وحشی در مقادیر بالای نیتروژن رشد بهتری داشت (Kazemeini *et al.*, 2013).

پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

ارتفاع بوته کینوا بطور معنی‌داری تحت تاثیر تراکم علف هرز و نوع کود و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۷/۴۶سانتی‌متر) در تیمارهای بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کود اوره و نیترات آمونیوم نشان نداد (جدول ۵). در هر سطحی از نوع کود مصرفی با افزایش تراکم علف هرز تا ۲۵ بوته در متر مربع ارتفاع بوته کینوا بطور معنی داری کاهش یافت که در تیمار بدون کود (شاهد) تا ۱/۴ برابر نسبت به بدون علف هرز کاهش یافت و از بین منابع کودی، نیترات آمونیوم به میزان ۵۳ درصد بیشترین تاثیر بر کاهش ارتفاع بوته کینوا در مقایسه با دو نوع کود اوره و اوره با پوشش گوگردی نشان داد (جدول ۵). کاربرد کود اوره و کود اوره با پوشش گوگردی نقش موثری در تعدیل اثر حضور علف هرز بر کاهش ارتفاع بوته در مقایسه با نیترات آمونیوم نشان داد علف‌های هرز از دو طریق با گیاه‌زراعی رقابت کرده یکی سایه‌اندازی و کاهش میزان نور در دسترس گیاه زراعی و دیگری رقابت با گیاه زراعی در استفاده از منابع غذایی موجود که نتیجه آن کاهش دسترسی گیاه به این منابع و کاهش پارامترهای رشدی است (Zimdahl, 2007; Jabran and Chauhan, 2018). کاهش ارتفاع نشان‌دهنده کاهش توانایی رقابت گیاه است (Murphy *et al.*, 2008). سرعت رشد کینوا در ۳۰ روز پس از ظهور بسیار کند بوده و از روز ۳۰ تا ۹۰ سرعت رشد افزایش یافته و مجددا بعد از این بازه زمانی شاهد کاهش سرعت رشد کینوا به دلیل شروع مرحله رشد زایشی و تخصیص مقادیر زیادی از آسیمیلات‌های گیاهی برای تولید بذر خواهیم بود که همین امر باعث برتری علف هرز در رقابت با کینوا است (De Oliveira Vergara *et al.*, 2019). از این رو به نظر می-رسد که با توجه به کند بودن سرعت رشد کینوا در ابتدای فصل رشد، کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی نیتروژن به صورت آهسته‌تر کمک فراوانی به کاهش رقابت بین علف‌های هرز و کینوا در ابتدای فصل رشد می‌کند. با توجه به نقش مثبت نیتروژن در تشکیل پروتئین‌ها و تقسیم سلولی، کاربرد کودهای پوشش‌دار از طریق ایجاد تعادل بین تقاضای گیاه و رهایش عناصرغذایی نقش مهمی در افزایش پارامترهای رشد گیاه داشت (Khaveh *et al.*, 2015).

شاخص سطح برگ کینوا بطور معنی داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تیمارها و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول۴) و بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۷۲) در برهمکنش بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد و کمترین آن (۱/۷۳) در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) و تیمار بدون کود ثبت شد (جدول ۵). کاربرد اوره با پوشش گوگردی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) به عنوان بهترین منبع کودی باعث افزایش شاخص سطح برگ به ترتیب به میزان ۱/۵، ۱/۰ و ۱/۱ برابر در مقایسه با تیمار بدون کود، کود اوره و کود نیترات آمونیوم شد

(جدول ۵). به عبارت دیگر کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با افزایش شاخص سطح برگ نقش مهمی در افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا در برابر تاج‌خروس ایفا کرد، به صورتی که شاخص سطح برگ کینوا بدست آمده از کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در تمامی تراکم‌های علف هرز برتر بود (جدول ۵). در بین پارامترهای رشدی در گیاهان زراعی، شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد با شدت سرکوبگری علف‌های هرز و افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه زراعی رابطه داشته (Hansen *et al*., 2008; Hoad *et al*., 2008) و میزان نفوذ نور به کانوپی و دسترسی علف‌های هرز به نور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mirshekari, 2008). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی نیتروژن به صورت آهسته و طولانی‌مدت و با تاثیر بر رشد رویشی گیاه و اندازه و دوام طول عمر برگ و نهایتا توسعه سطح سبزینه‌ای و سایه‌انداز گیاهی نیز نقش مهمی در افزایش شاخص سطح برگ گیاه داشت. این نتایج با نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین مطابقت داشت (Eltelib *et al*., 2006; Göksoy *et al*., 2004).

براساس نتایج بدست آمده اجزای عملکرد و عملکرد دانه کینوا بطور معنی داری تحت تاثیر اثرات اصلی نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس و همچنین بر همکنش آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین وزن هزار دانه (۲/۷۴ گرم) در تیمار بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد کود اوره نداشت (جدول ۵). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع به ترتیب باعث افزایش ۷/۹، ۷/۹، ۹/۸، ۹/۹ و ۹/۹ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار بدون کود شد. کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی آهسته و طولانی مدت نیتروژن و همچنین کاهش هدرروی آن نقش مهمی در فراهمی مقادیر کافی نیتروژن در طی مراحل رشد گیاه داشته و باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود. این نتایج با نتایج سایر محققین مبنی بر افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی مطابقت داشت (Shaiful *et al*., 2009; Khabbazkar *et al*., 2015; Khan *et al*., 2012).

بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۰۶۰) در تیمار کودی اوره با پوشش گوگردی و بدون علف هرز بدست آمد و کمترین آن (۵۷۹) متعلق به برهمکنش تیمارهای بدون کود و تراکم ۲۵ بوته علف هرز در مترمربع بدست آمد (جدول ۵). برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز بر تعداد دانه در بوته نشان داد که کاربرد تمام منابع کودی، افت ایجاد شده ناشی از حضور علف هرز را کاهش داد و میان سطوح تیمار کودی کمترین افت مربوط به کاربرد کود اوره با پوشش گوگری بود بطوری که در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) کاربرد اوره با پوشش گوگردی به میزان ۲/۵ برابر و نیترات آمونیوم به میزان ۲/۰ برابر نسبت به تیمار بدون کود بطور معنی‌داری افزایش یافت. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد اثر سوء علف هرز بر درصد کاهش تعداد دانه در بوته با کاربرد اوره و بطور مشخص اوره با پوشش گوگردی به دلیل افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا در برابر علف هرز بهبود یافته است که منجر به کاهش افت تعداد دانه در بوته شود (جدول ۵). بطور کلی کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته به ترتیب به میزان ۸۶/۵، ۱۱۸، ۱۳۹/۴، ۱۶۸/۸، ۱۴۹/۶ و ۱۵۳/۴ درصد نسبت به بدون کود و ۱۳/۵، ۲۳/۴، ۲۹/۷، ۳۹/۰، ۲۸/۰ و ۲۲/۵ درصد نسبت به کود نیترات آمونیوم شد (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین تعداد دانه با شاخص سطح برگ ($r = +0/81^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت که با کاهش این پارامتر، تعداد دانه کاهش یافت (جدول ۶).

عملکرد دانه کینوا با افزایش تراکم علف هرز در هر سطح از تیمار کودی کاهش یافت لکن کاربردکودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم در تراکم علف هرز ۲۵ بوته در متر مربع، باعث افزایش ۲/۰، ۲/۸ و ۲/۲ برابری عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون کود شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه کینوا (۴۱۹/۴ گرم در متر مربع) با کاربرد اوره با پوشش گوگردی در برهمکنش با تیمار بدون علف هرز بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی نشان داد (جدول ۵). بطور کلی هر چند کاربرد کودهای مختلف نیز منجر به افزایش بیوماس تاج‌خروس شد (جدول ۵) لکن به نظر می‌رسد بهره وری از کود توسط گیاه زراعی بیشتر بوده است و به عبارتی کینوا با افزایش سطح فتوسنتزکننده بیشتر از توانایی تحمل رقابتی بیشتری در مقایسه با علف هرز برخورداربوده و با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر نقش مهمی در پر شدن و افزایش تعداد دانه داشته است که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. نتایج همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه با تعداد دانه ($r = +0/92^{**}$) نیز یک ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). مطالعات پیشین نیز بیان کردند که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی از طریق افزایش توانایی رقابت گیاه زراعی نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه داشت (Khan *et al*., 2015).

جدول ٤- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for growth, yield and yield components of quinoa

		میانگین مربعات Mean of squares						
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	56.38	0.1009	0.01744	1899.22	11.965	107.28	1.935
منبع کودی Fertilizer source	3	398.15**	95.34**	0.18546**	3982119.55**	85753.92**	269007.50**	97.657**
خطا a Error a	6	50.94	1.31	0.01527	13287.83	223.34	349.45	5.287
تراکم تاج‌خروس Red root pigweed density	5	1588.20**	94.82**	0.01587	3392949.29**	68572.30**	119672.03**	406.12**
منبع کودی × تراکم تاج‌خروس Red root pigweed density× Fertilizer source	15	23.63*	2.25**	0.00107*	148131.16*	2483.65**	4567.28**	4567.28**
خطا b Error b	40	9.69	0.51	0.00087	2490.77	192.42	381.38	3.24
ضریب تغییرات CV (%)		3.61	3.79	11.12	12.98	16.21	14.43	13.41

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۵-مقایسه میانگین اثر منابع کودی و تراکم علف هرز بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

Table 5- Mean comparison the effects of fertilizer sources and weed density on growth, yield and yield components of quinoa

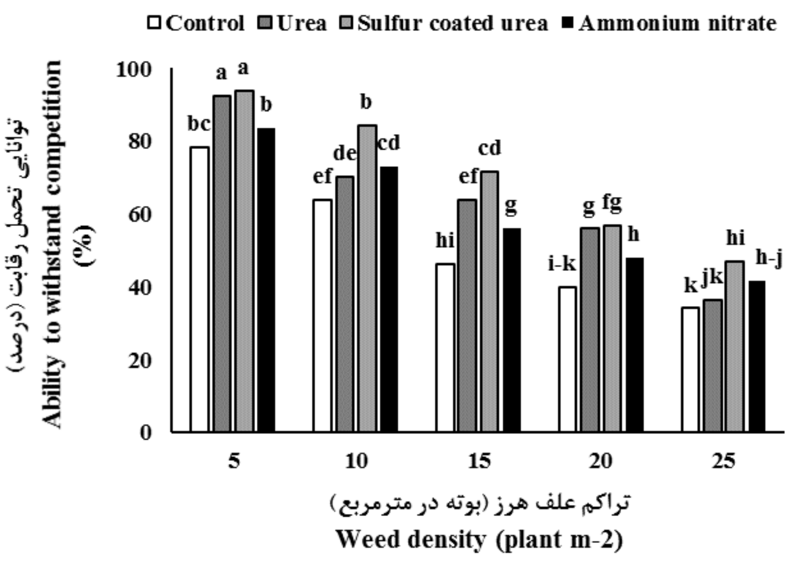
منابع کودی Fertilizer sources	تراکم علف هرز Weed density (plant m^{-2})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight (g)	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	عملکرد دانه Grain yield (g m^{-2})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g m^{-2})	شاخص برداشت Harvest index
شاهد Control	0	97.60 bc	1.920 m	2.56 fg	1641 m	210.2 n	490.93 ef	52.93 de
	5	85.90 fg	1.846 mn	2.53 g	1297 r	164.2 q	422.11 g	50.66 e-h
	10	82.50 f-h	1.833 m-o	2.52 g	1064 t	134.2 t	356.86 h	48.00 hi
	15	75.30 ij	1.800 no	2.44 h	820 v	100.2 u	308.22 i	45.00 j
	20	72.00 j-l	1.840 no	2.43 h	700 w	85.2 v	294.62 i	40.03 lm
	25	69.80 kl	1.733 o	2.42 h	579 x	70.2 w	229.63 k	37.70 m
اوره Urea	0	105.86 a	3.930 b	2.72 a-c	2770 c	376.9 c	692.20 a	55.53 cd
	5	100.66 b	3.003 de	2.71 a-d	2543 f	344.8 f	641.55 bc	55.60 b-d
	10	86.30 fg	2.896 ef	2.70 a-d	1935 j	261.4 i	558.20 d	50.90 e-g
	15	82.70 f-h	2.753 g	2.68 b-e	1744 l	233.9 k	542.21 de	48.63 f-h
	20	82.93 f-h	2.630 hi	2.67 c-e	1575 o	210.5 m	480.27 f	45.76 ij
	25	78.80 hi	2.500 j	2.67 de	1033 u	138.1 s	356.72 h	43.30 jk
اوره با پوشش گوگردی Sulfur coated urea	0	107.46 a	4.726 a	2.74 a	3060 a	419.4 a	683.06 a	58.36 ab
	5	96.26 b-d	3.100 d	2.73 ab	2828 b	386.2 b	642.94 b	56.26 bc
	10	91.73 de	2.890 f	2.72 a-c	2547 e	346.6 e	603.14 c	53.20 de
	15	86.93 ef	2.690 gh	2.68 b-e	2204 h	295.6 h	553.45 d	48.26 g-i
	20	81.73 gh	2.650 g-i	2.67 c-e	1747 k	233.5 l	483.94 f	44.76 j
	25	79.26 hi	2.540 ij	2.66 de	1467 p	195.3 o	411.90 g	45.00 j
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	106.86 a	3.513 c	2.69 b-e	2697 d	362.9 d	468.69 f	59.16 a
	5	95.20 cd	2.996 d-f	2.68 c-e	2291 g	307.2 g	401.18 g	55.13 cd
	10	85.86 fg	2.683 gh	2.66 de	1963 i	261.2 j	356.20 h	51.06 ef
	15	78.13 hi	2.493 jk	2.65 e	1585 n	210.2 n	293.59 i	48.13 g-i
	20	72.76 jk	2.386 k	2.64 e	1364 q	180.2 p	277.80 ij	43.86 jk
	25	67.06 l	2.273 l	2.59 f	1197 s	155.2 r	246.30 jk	41.93 kl

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

نتایج نشان داد عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون کود، با افزایش تراکم علف هرز از صفر به ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، به ترتیب به میزان ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶، ۱/۷ و ۲/۱ برابر کاهش یافت (جدول ۵). کاربرد منابع کودی نیتروژن، بطور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار بدون کود افزایش داد. مقایسه میانگین بر همکنش نوع کود و تراکم علف هرز نشان داد که در هر تیمار کودی با افزایش تراکم علف هرز، عملکرد بیولوژیک بطور معنی‌دار کاهش یافت و کمترین آن در تراکم ۲۵ بوته تاج خروس در مترمربع و بدون کود بدست آمد که نسبت به کاربرد کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم به ترتیب تا ۳۵/۵، ۴۴/۲ و ۶/۸ درصد عملکرد بیولوژیک کاهش یافت و همین روند نیز در سایر تراکم‌های علف هرز مشاهده شد (جدول ۵). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کینوا از طریق افزایش صفات رشدی و سرکوب علف‌های هرز و کاهش رقابت با علف هرز، صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته را تحت تاثیر قرار داد. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل همزمانی بین رهایش نیتروژن از کود و جذب آن توسط گیاه و کاهش آبشویی، نقش مهمی در افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی و نهایتا افزایش عملکرد و اجزای کینوا داشت. مطالعات پیشین نیز نتایج این پژوهش را تایید می‌کند (Nelson *et al*., 2014; Shoji, 2005).

شاخص برداشت بطور معنی‌داری تحت تاثیر تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع در تیمار بدون کود نسبت به بدون علف هرز به ترتیب به میزان ۴/۳، ۹/۳، ۱۵/۰، ۲۴/۴ و ۲۸/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵) و اگرچه در تمام سطوح کودی نیز روند کاهشی با افزایش تراکم علف هرز مشاهده گردید لکن کاربرد منابع کودی نیتروژن منجر به افزایش شاخص برداشت و بهبود توانایی تحمل رقابتی کینوا در پاسخ به حضور علف هرز شد. نتایج برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس نشان داد که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با برتری شاخص برداشت در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع علف هرز در مقایسه با تیمارهای کودی اوره و نیترات آمونیوم به طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص برداشت به ترتیب به میزان ۳/۸ و ۶/۸ درصد شد (جدول ۵). به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که وجود روند نزولی در شاخص برداشت در اثر افزایش تراکم علف هرز به دلیل تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به رشد رویشی جهت افزایش ارتفاع و مقدار کمتر به اندام زایشی است، همین امر منجر به افزایش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه شده و در نهایت شاخص برداشت کاهش بیشتری خواهد داشت (Safahani *et al*., 2008).



شکل ۱- اثر منابع کودی نیتروژن و تراکم علف هرز بر شاخص توانایی تحمل رقابت کینوا

Figure 1- Effect of nitrogen fertilizer sources and weed density on ability to withstand competition of quinoa

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).

The means followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده کینوا

Table 6- Correlation coefficients among measured parameters of quinoa

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1				
X2	0.72**	1			
X3	0.52**	0.71**	1		
X4	0.84**	0.81**	0.69**	1	
X5	0.86**	0.90**	0.72**	0.92**	1

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).

X1: ارتفاع بوته، X2: شاخص سطح برگ، X3 : وزن هزار دانه، X4 : تعداد دانه در بوته و X5: عملکرد دانه.

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

X1: Plant height, X2: Leaf area index, X3: 1000 grain weigth, X4: Number of grain per plant and X5: Grain yield.

این درحالی‌است که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای گیاه، کمک شایانی به افزایش سطح فتوسنتزکننده کرده و نهایتا حفظ تولید مواد فتوسنتزی را در زمان پرشدن دانه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد به همراه داشت. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین در ارتباط با نقش کود اوره با پوشش گوگردی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد مطابقت داشت (Fereidoni *et al*., 2013; Shaiful *et al*., 2009).

نتایج برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس بر شاخص توانایی تحمل رقابتی نشان داد که بین منابع کودی نیتروژن در هر سطح از تراکم علف هرز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۱). در هر سطحی از تراکم علف هرز کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در میان کودها از برتری شاخص توانایی تحمل رقابتی کینوا برخوردار بود. بیشترین میزان شاخص توانایی تحمل رقابتی (۹۳/۹ درصد) در پائین‌ترین تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) و با کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد (شکل ۱). به‌طور کلی کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع به طور معنی‌داری شاخص توانایی تحمل رقابتی را به ترتیب به میزان ۱۹/۶، ۳۱/۹، ۵۵/۰، ۴۲/۷ و ۳۷/۸ درصد در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش داد. کمترین میزان این پارامتر (۳۴/۱۳ درصد) نیز در تیمار بدون کود و بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که با سایر تیمارهای کودی به جزء کود اوره در همان تراکم تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). برخی پژوهشگران معتقدند مقدار بهینه کود نیتروژن، سبب افزایش رشد گیاه زراعی و افزایش توانایی تحمل رقابتی آن در برابر علف‌های هرز می‌شود ولی مقادیر زیاد نیتروژن باعث افزایش توانایی تحمل رقابتی علف هرز در مقابل گیاه زارعی خواهد شد (Abo-Zeid *et al*., 2017). محققین دریافتند که نیتروژن نقشی موثر در افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه زراعی و کاهش طول دوره کنترل علف‌های هرز دارد (Seyyedi *et al*., 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه با افزایش تراکم علف هرز تاج خروس عملکرد دانه کینوا کاهش یافت لکن به نظر می‌رسد تغییر در مدیریت استفاده از نوع کود نیتروژن به عنوان یک راهکار زراعی می‌تواند موثر در کاهش افت ایجاد شده ناشی از حضور علف هرز باشد. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی کینوا و تامین نیاز نیتروژن در طول فصل رشد موجب افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا با تاج‌خروس در تراکم‌های مختلف علف هرز شده است و نقش مهمی در افزایش عملکرد کینوا نسبت به سایر کودها دارد، لذا به نظر می‌رسد استفاده از کودهای نیتروژن پوشش‌دار از طریق رهاسازی آهسته نیتروژن ضمن کاهش آلودگی زیستی محیطی شرایط بهتری برای جذب عناصر غذایی توسط گیاه و کاهش افت عملکرد ایجاد شده توسط علف هرز فراهم آورد.

منابع

1. Abo-Zeid, S.T., Abd EL-Latif, A.L., & Elshafey, S. (2017). Effect of sources and rates of nitrogen fertilizers on forage yield and nitrate accumulation for Sudan grass. *Egyptian Journal of Soil Science 57*(1): 23-30. http://doi.org/10.21608/EJSS.2017.3474.
2. Amiryousefi, M., Tadayon, M.R., & Ebrahimi, R. (2020). Effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, yield components and yield of quinoa plant. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing 10*(2): 1-17. (In Persian with English abstract). http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-2932-en.html.

3. Asadi, M., Yadavi, A., & Gandomani, M.A. (2017). Evaluation of growth indices of potato (*Solanum tuberosum* L.) affected by density and time of emergence pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research 15*(4): 761-775. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.20081472.1396.15.4.4.4.
4. Ashraf, E., Babar, R., Yaseen, M., Shurjeel, H.K., & Fatima, N. (2017). Assessing the impact of quinoa cultivation adopted to produce a secure food crop and poverty reduction by farmers in rural pakistan. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering 11*(6): 465-469. http://doi.org/10.5281/zenodo.1131187.
5. Bagheri, M., Anafjeh, Z., Keshavarz, S., & Foladi, B. (2020). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of new quinoa genotypes in spring cultivation at Karaj. *Iranian Journal of Field Crops Research 18*(4): 465-475. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.20081472.1399.18.4.7.8.
6. Barker, D.C., Knezevic, S.Z., Martin, A.R., Walters, D.T., & Lindquist, J.L. (2006). Effect of nitrogen addition on the comparative productivity of corn and velvetleaf. *Journal of Weed Science* 54*:* 363-354. https://doi.org/10.1614/WS-05-127R.1.
7. Buckland, K.R., Reeve, J.R., Creech, J.E., & Durham, S.L. (2018). Managing soil fertility and health for quinoa production and weed control in organic systems. *Soil and Tillage Research* 184*:* 52-61. https://doi.org/10.1016/j.still.2018.07.001.
8. Chowdhry, M.A., Rasool, I., Khaliq, I., Mahmood, T., & Gilani, M.M. (1999). Genetics of some metric traits in spring wheat under normal and drought environments. *Barley and Wheat Newsletter* 18*:* 34-39.
9. De Oliveira Vergara, R., Martins, A.B.N., Pedo, T., Radke, A.K., Gadotti, G.I., Villela, F.A., & Meneguzzo, M.R.R. (2019). Plant growth and physiological quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds grown in Southern Rio Grande do Sul, Brazil. *Australian Journal of Crop Science 13*(5): 678-682. https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.05.p1240.
10. Dieleman, A., Hamill, A.S., Weise, S.F., & Swanton, C.J. (1995). Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). *Weed Science 43*(4): 612-618.
11. Eltelib, H.A., Hamad, M.A., & Ali, E.E. (2006). The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy 4*(3): 1-12. https://doi.org/10.3923/ja.2006.515.518.
12. Faostat. (2019). Available online, http://www.fao.org/faostat/en/#data.QC.
13. Fateh, M., Kazemi Arbat, H., Mohammadi, S., Farahvash, F., & Zand, E. (2022). Effect of plant number and urea fertilizer on agronomic characteristics of corn hybrids and dry matter accumulation in pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 32*(1): 227-243. (In Persian with English abstract)
14. Fereidoni, M.J., Faraji, H., & Owliaie, H. (2013). Effect of treated urban sewage and nitrogen on yield and grain quality of sweet corn and some soil characteristics in Yasouj region. *Water and Soil Science 23*(3): 43-56.
15. Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., & Dağüstü, N. (2004). Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research 87*(2-3): 167-178. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.004.
16. Hansen, P.K., Kristensen, K., & Willas, J. (2008). A weed suppressive index for spring barley *(Hordeum vulgare*) varieties. *Weed Research 48*(3): 225-236. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00620.x.
17. Hemmati, E., Vazan, S., & Sadeghi, S.M. (2012). Effect of pre-planting irrigation, maize planting pattern and nitrogen on grain yield and yield components of maize cv. SC704. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8: 21-31.
18. Hoad, S., Topp, C., & Davies, K. (2008). Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. *Euphytica 163*(3): 355-366. https://doi.org/10.1007/s10681-008-9710-9.
19. Hosseini, S.H., RahemiKarizaki, A., Biabani, A., Nakhzari Moghaddam, A., & Taliey, F. (2020). Investigation of changes in physiological characteristics and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under different cultivation date. *Journal of Crop Production 13*(2): 99-116. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17953.2325.
20. Jabran, K., & Chauhan, B.S. (2018). *Non-chemical weed control*. Academic Press.
21. Jafarzadeh, N., Pirzad, A., & Hadi, H. (2016). Castor (*Ricinus communis* l.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* l.) growth indices in terms of interference. *Journal of Agroecology 8*(2): 182-196. (In Persian with English abstract)
22. Kakabouki, I.P., Hela, D., Roussis, I., Papastylianou, P., Sestras, A.F., & Bilalis, D.J. (2018). Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal Of of Soil Science and Plant Nutrition 18*(1): 220-235. http://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000901.
23. Karami, R., Farajee, H., Movahedi Dehnavi, M., & Khoshroo, A. (2020). interaction of nitrogen and plant density on growth and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Crop Production 13*(1): 111-124. (In

Persian with English abstract). http://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17603.2296.

24. Kazemeini, S.A., Naderi, R., & Karimi Aliabadi, H. (2013). Effects of different densities of wild oat (*Avena fatua* L.) and nitrogen rates on oilseed rape (*Brassica napus* L.) yield. *Journal of Ecology and Environment 36*(3): 167-172.
25. Khabbazkar, M.R., Gohari, A.A., Dargah, R.E., Khonok, A., & Sabet, H.S. (2012). Reaction of rice (*Oryza Sativa*) cultivars to silica and potassium fertilizer. *International Journal of Farming and Allied Sciences 1*(4): 108-113.
26. Khan, A.Z., Ali, B., Afzal, M., Wahab, S., Khalil, S.K., Amin, N., & Zhou, W. (2015). Effects of sulfur and urease coated controlled release urea on dry matter yield, N uptake and grain quality of rice. *Journal of Animal & Plant Sciences 25*(3): 1-12.
27. Khaveh, M.T., Alahdadi, I., & Hoseinzadeh, B.E. (2015). Effect of slow-release nitrogen fertilizer on morphologic traits of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 6*(2): 546-559.
28. Massinga, R.A., Currie, R.S., Horak, M.J., & Boyer, J. (2001). Interference of *Palmer amaranth* in corn. *Weed Science 49*(2): 202-208.
29. Mirshekari, B. (2008). Effect of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition on some physiological traits and yield of sunflower (*Helianthus annus* L.). *New Finding in Agriculture 3*(7): 297-312. (In Persian with English abstract)
30. Murphy, K.M., Dawson, J.C., & Jones, S.S. (2008). Relationship among phenotypic growth traits, yield and weed suppression in spring wheat landraces and modern cultivars. *Field Crops Research 105*(1-2): 107-115. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.08.004.
31. Nelson, K.A., Motavalli, P.P., & Nathan, M. (2014). Nitrogen fertilizer sources and application timing affects wheat and inter-seeded red clover yields on claypan soils. *Agronomy 4*(4): 497-513. https://doi.org/10.3390/agronomy4040497.
32. Ozturk, E., Polat, T., & Sezek, M. (2017). The effect of sowing date and nitrogen fertilizer form on growth, yield and yield components in sunflower. *Turkish Journal of Field Crops*, *22*(1), 143-151. https://doi.org/10.17557/tjfc.312373
33. Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J.K., Pihlava, J.M., & Mattila, P.H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry 120*(1): 128-133. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087.
34. Saeidi, S., Siadat, S.A., Moshatati, A., Moradi-Telavat, M.R., & Sepahvand, N. (2020). Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences 21*(4): 354-367. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.29252/abj.21.4.354.
35. Safahani, L.A., Kamkar, B., Zand, E., Bagherani, N., & Bagheri, M. (2008). Reaction of grain yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in Gorgan. *Iranian Journal of Crop Sciences 9*(4): 356-370. (In Persian with English abstract)
36. Saiful Islam, M., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., & Nahar, K. (2009). Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. *International Journal of Plant Production 3*(1): 51-62. https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.631.
37. Samadzadeh, A., Zamani, G., & Fallahi, H.R. (2020). Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Field Crops Research 33*(1): 82-104. (In Persian with English abstract).
38. Seyyedi, S. M., Ghorbani, R., Rezvani, M. P., & Nassiri, M. M. (2013). Nitrogen use efficiency and harvest index in black seed (*Nigella sativa* L.) at different weed competition durations. *Plant Products Research 20*(1): 141-156. https://doi.org/20.1001.1.23222050.1392.20.1.9.2.
39. Shaiful, I.M., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., & Nahar, K. (2009). Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. *International Journal of Plant Production 3*(1): 51-62. https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.631.
40. Shoji, S. (2005). Innovative use of controlled availability fertilizers with high performance for intensive agriculture and environmental conservation. *Science in China Series C: Life Sciences 48*(2): 912-920. https://doi.org/10.1007/BF03187129.
41. Sing Shinari, Y., Prasad, R., & Pal, M. (2015). Effect of nitrogen levels and coated urea on growth, yields and nitrogen use efficiency in aromatic rice. *Journal of Plant Nutrition 39*(6): 875-882. https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109102.
42. Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science 55*(2): 132-138. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010.

43. Walters, H., Carpenter-Boggs, L., Desta, K., Yan, L., Matanguihan, J., & Murphy, K. (2016). Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. *Agroecology and Sustainable Food Systems 40*(8): 783-803. https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1177805.
44. Watson, P.R., Derksen, D.A., Van Acker, R.C., & Blrvine, M.C. (2002). The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. *Canadian Weed Science Society* 14: 49-57.
45. Yadavi, A.R., Zand, E., Ghalavand, A., & Aghaalikhani, M. (2007). Effect of density and planting pattern on yield and yield components of maize under redroot pigweed (*Amaranthus retoflexus* L.) competition. *Iranian Journal of Field Crops Research 5*(1): 187-200. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V5I1.915.
46. Yaghoubi, S.R., Aghaalikhani, M., & Zand, E. (2011). Effect of the timing of emergence of seedling on morphological characteristics and seed production of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in competition with sunflower (*Helianthus annus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences 13*(1): 32-48.
47. Zimdahl, R.L. (2007). *Weed-crop competition, a review*. Oregon State University.